

# 窒素資源循環社会を実現するための 希薄反応性窒素の回収・除去技術開発

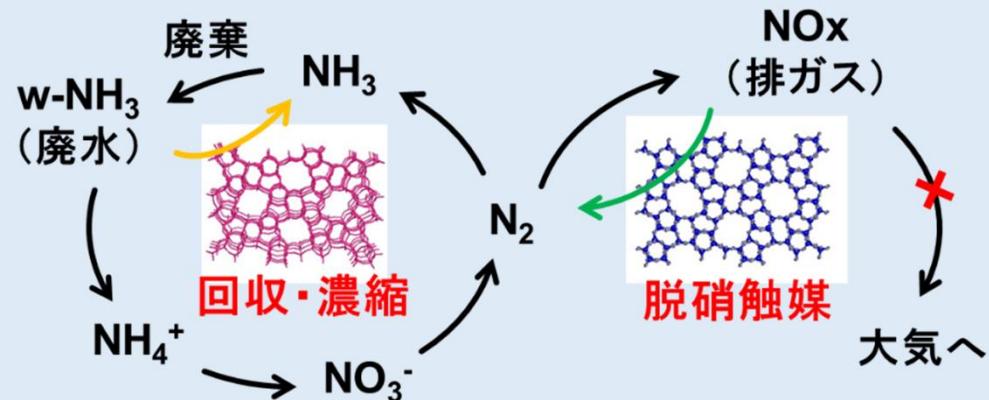


PM : 脇原 徹  
国立大学法人東京大学 教授

PJ参画機関：  
国立大学法人東京大学  
国立研究開発法人産業技術総合研究所  
一般財団法人ファインセラミックスセンター  
三菱ケミカル株式会社

実施期間：2020年8月～2026年3月

## プロジェクト概要

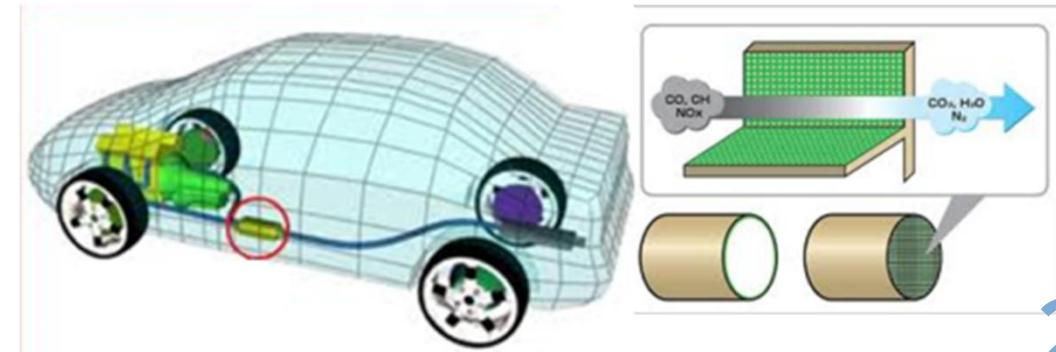


窒素循環社会構築のためには  
アンモニア回収・脱硝 技術の開発が喫緊の課題

### 産業廃液 ( $w\text{-NH}_3$ )



### 自動車排ガス ( $\text{NO}_x$ )



## “気相”の重要性

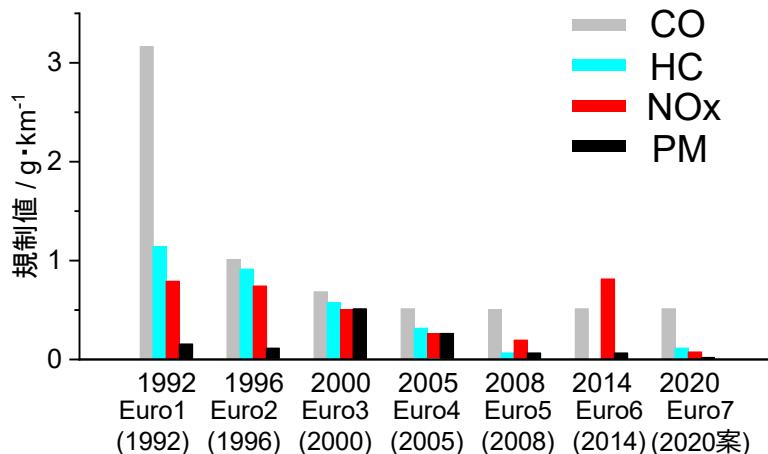


## 環境問題・産業競争の主要技術



TOYOTA BOSHOKU CORPORATION All Rights Reserved.

### 規制値の推移 (ex Euro1→Euro 7)



- ☑ より厳しい規制値に移行  
(コスト面などから目標も不透明)
- ☑ 規制に対応するには排ガス触媒の耐久性などの向上が必須

自動車排ガス触媒の高度化は  
国内自動車産業発展に直結  
(ゼオライトの構造制御により達成可能)

## “液相”の重要性 プラネタリーバウンダリーの観点から多量の窒素処理が必要



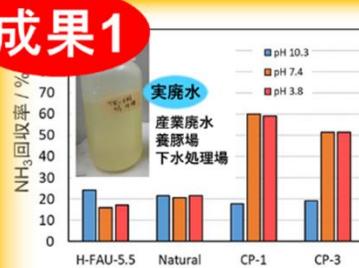
### 現行の処理プロセス



- ☑ エネルギーをかけて  
エネルギーを捨てるプロセス
  - ☑ 窒素源として回収濃縮することで  
肥料などとして利活用可能
- 地域内窒素循環システム構築により  
国内農業の発展に貢献

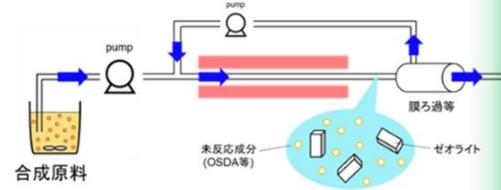
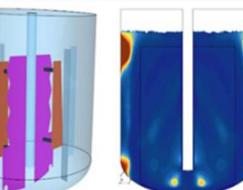
## 代表的な成果

### 成果1



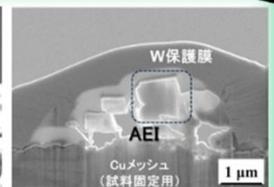
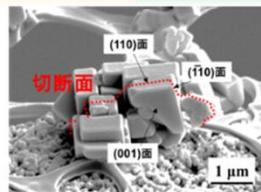
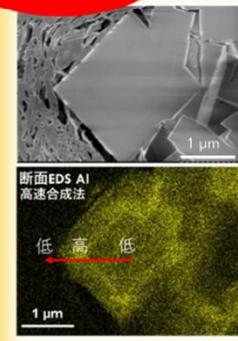
✓ アンモニア回収材の開発と肥料応用

### 成果2

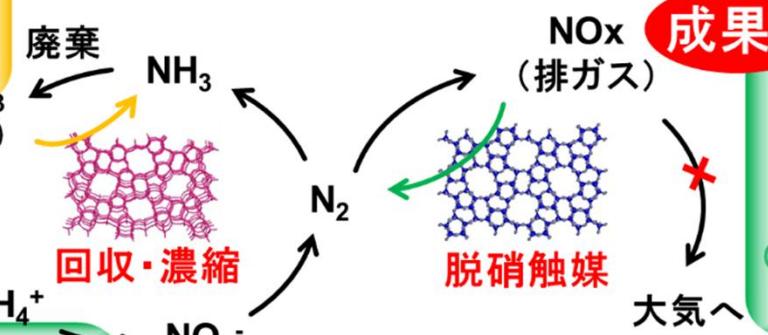


✓ 高耐久-低N<sub>2</sub>O排出を両立する触媒の製造法革新

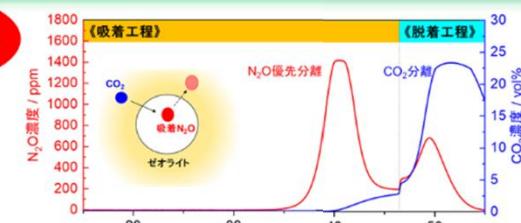
### 成果3



✓ SEM-TEMを用いた高分解能分析技術



### 成果4



✓ 低濃度N<sub>2</sub>Oの低コスト濃縮分解システムの開発

### 成果5



✓ 新直脱経路の提案

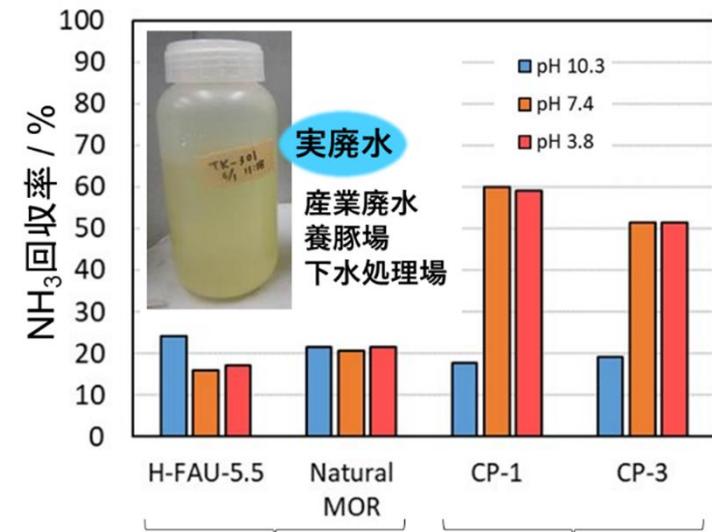
## 成果1 アンモニア回収材の開発(産業廃液からの回収と循環)



1000-2000 ppm  $\text{NH}_4^+$ 含有  
5万トン/年受け入れ



工場内のアンモニア臭  
床に拡散



一度システムができれば  
同様の会社多数

燃料の一部  
として利用

200 ton/年

のアンモニア  
蒸留濃縮 $\text{NH}_3$ 水  
として市場へ

堆肥の原料  
市場へ



廃水からの  $\text{NH}_3$ の回収率 50%以上を達成

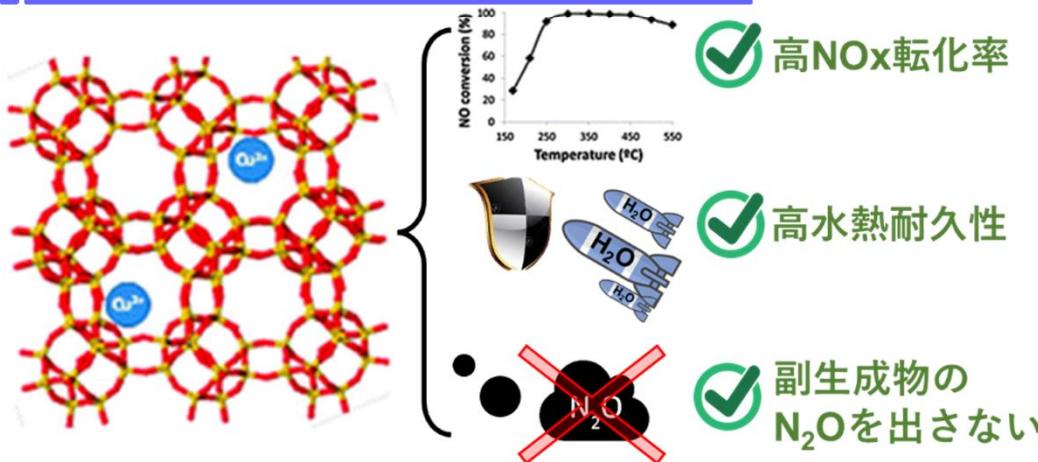
## 成果1 アンモニア回収材の開発(地域内窒素循環イメージ)



## 成果2 高耐久-低N<sub>2</sub>O排出を両立する触媒の製造法革新

◆ 従来のゼオライト触媒  
水熱耐久性が高くない → NO<sub>x</sub>転化率の低下  
副反応の進行

### 新規NH<sub>3</sub>-SCR用ゼオライト触媒



NO<sub>x</sub>還元とN<sub>2</sub>O生成抑制を両立する触媒の創出  
→複数の触媒の複合化による役割分担

さらに、、、

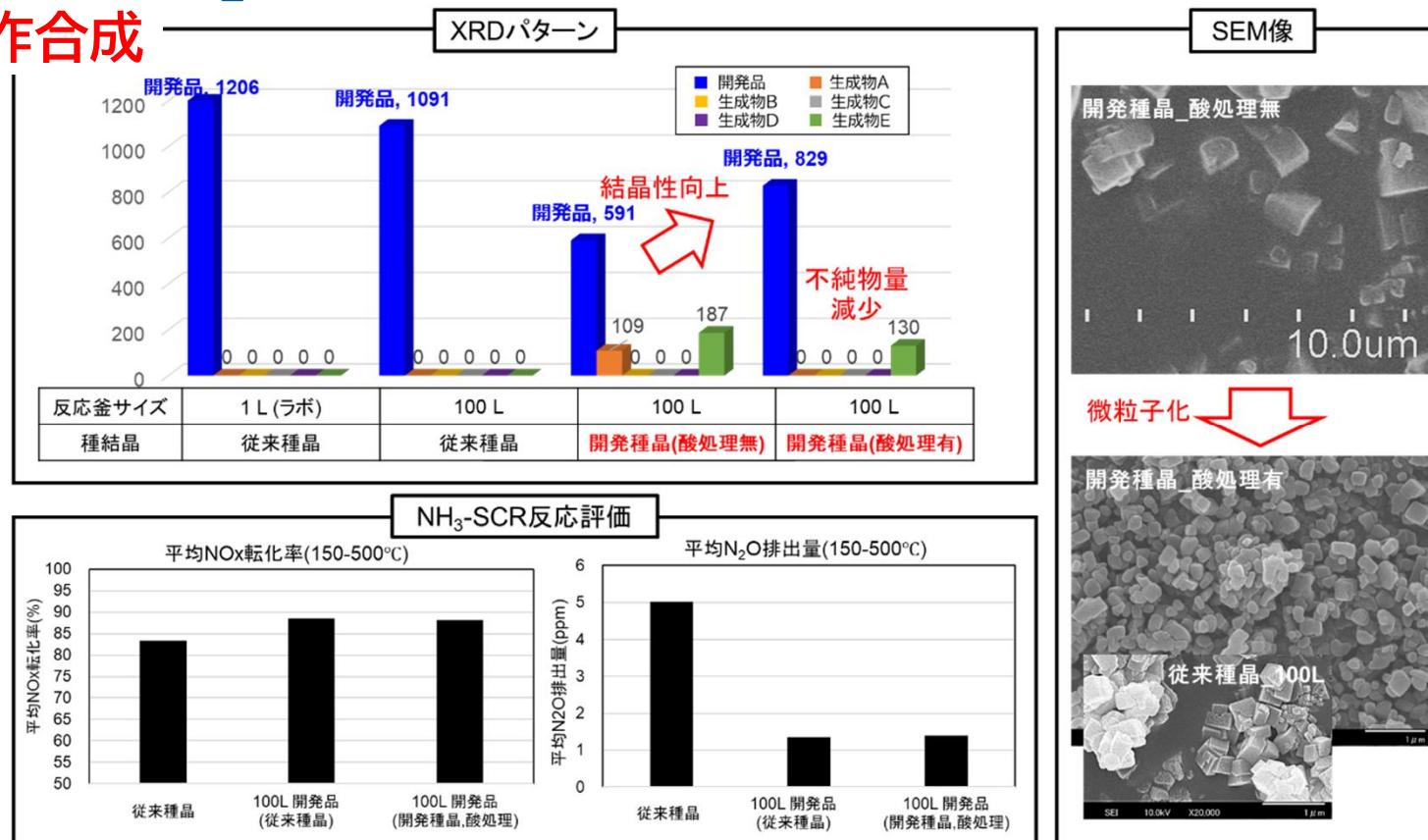


- ・異常が発生したSCR触媒の写真
- ・主原因は尿素水

析出物が出にくい尿素水を普及、システム異常を低減させ、触媒の長寿命化を実現  
(本PJとは別テーマ)

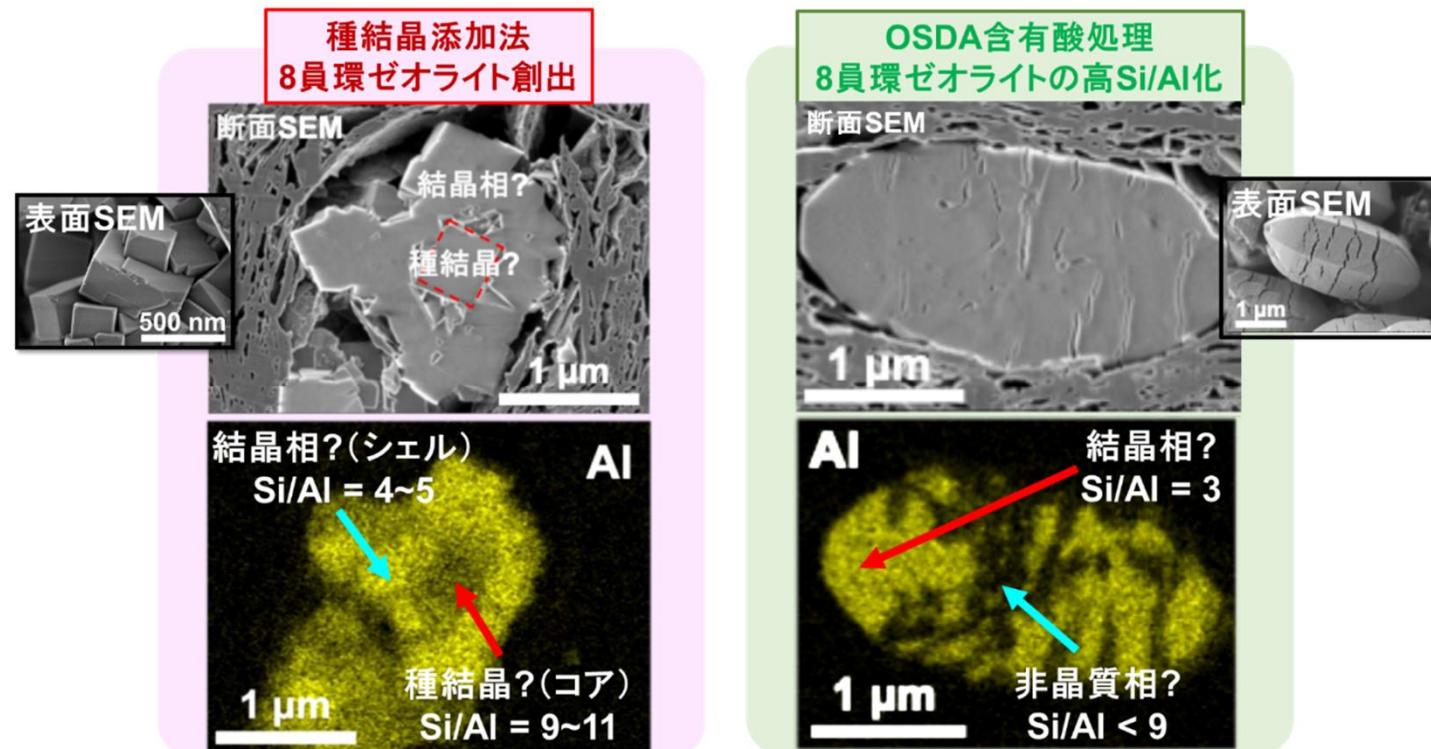
- ・e-fuelが普及することも前提に完全な“グリーンエンジンシステム”を実現
- ・トラックの寿命で3セット必要なシステムを1セットに
- ・ゼオライト製造に関するLCAについても実施済み

## 成果2 高耐久-低N<sub>2</sub>O排出を両立する触媒の製造法革新 100 L試作合成



- ・ゼオライト(開発品)の結晶性が向上し、不純物量も低減
- ・酸処理した開発品を種結晶として用いることで、従来種晶の場合と同程度の微粒子を合成
- ・NH<sub>3</sub>-SCR反応評価においても、従来種晶で合成したサンプルとほぼ同等の性能

### 成果3 SEM-TEMを用いた分析技術の高度化(ゼオライト触媒の構造変化の可視化)



+ 平均構造評価(粉末XRD解析、Ar吸着測定、欠陥量評価、化学組成分析等)



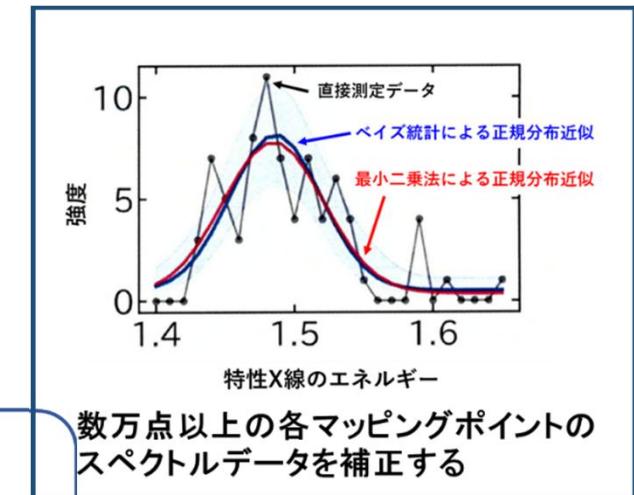
断面(内部)の結晶/非晶質・組成・細孔構造変化の可視化

### 成果3 SEM-TEMを用いた分析技術の高度化(ゼオライトのプロセス開発支援)

「結晶成長履歴」&「化学物性の起源」などの推定

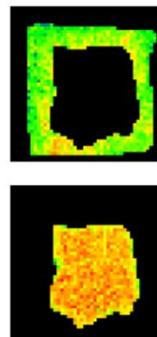
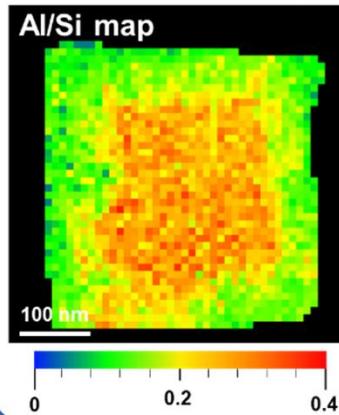
「ナノスケールの組成・状態解析手法が有効」

「STEM-EDS法による組成分布の定量的測定手法開発」  
「データ解析用プログラムを開発」



組成傾斜(組成の均一性)が異なる

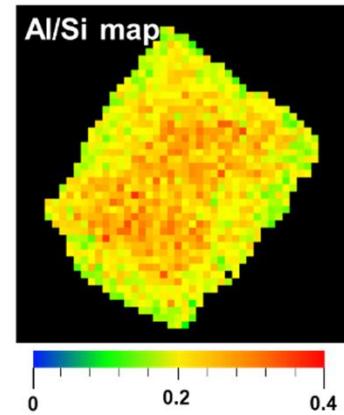
1Lスケール合成品



外側 Si/Al:  
6.58  
(6.80)

内側 Si/Al:  
3.97  
(4.09)

2m<sup>3</sup>スケール合成品

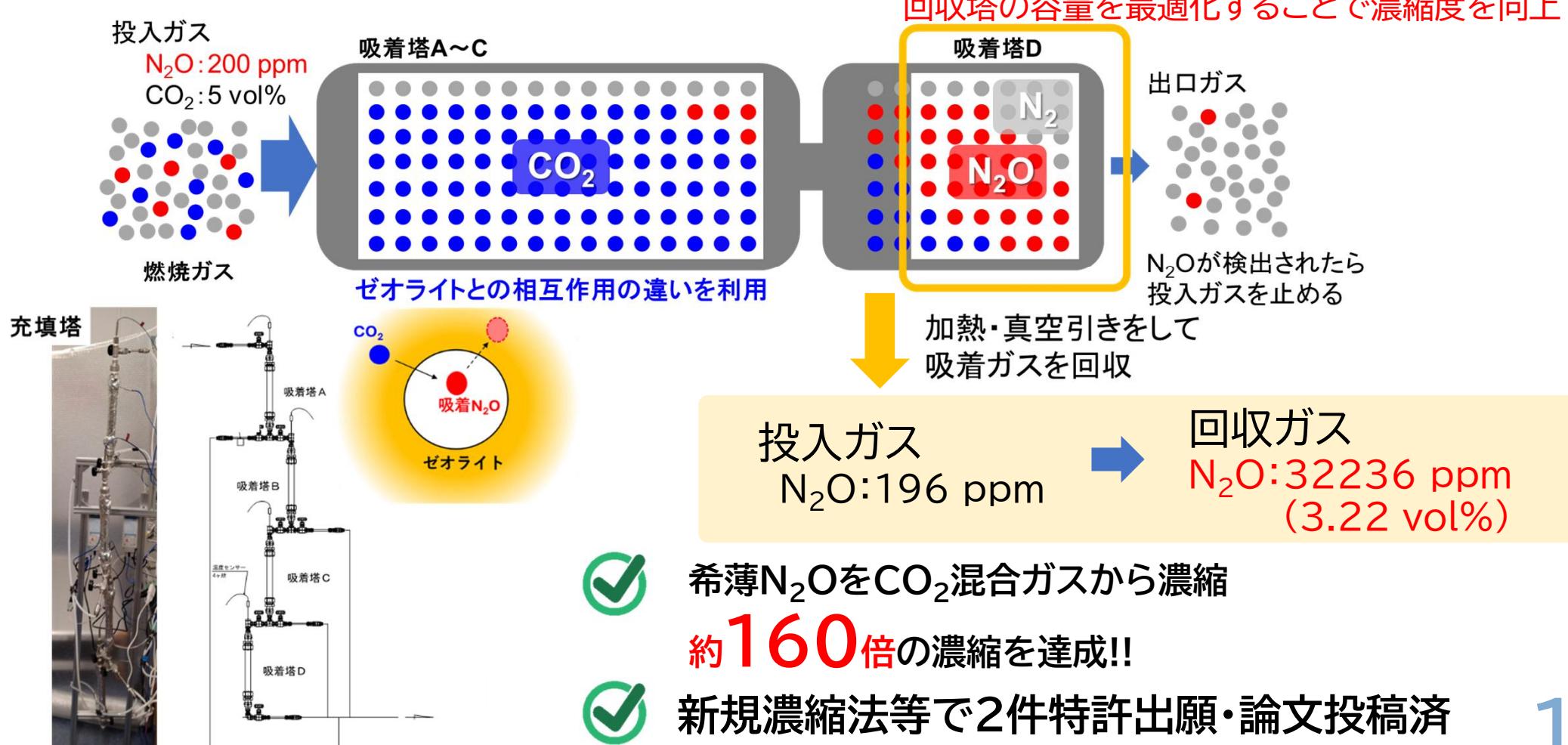


外側 Si/Al:  
5.05  
(5.15)

内側 Si/Al:  
4.03  
(4.08)

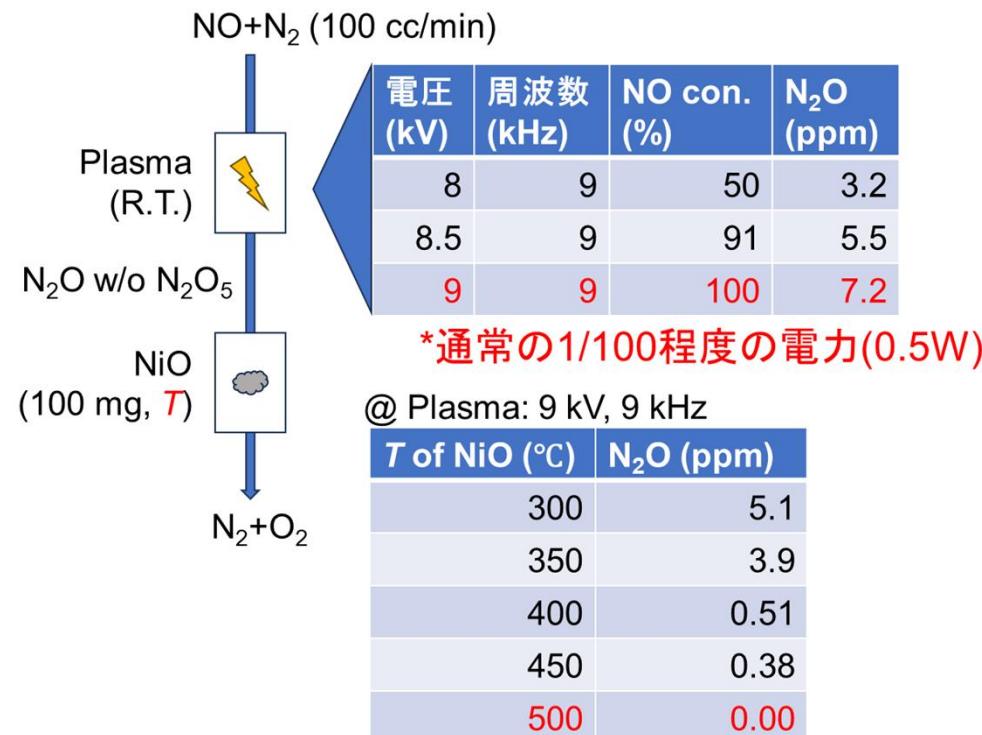
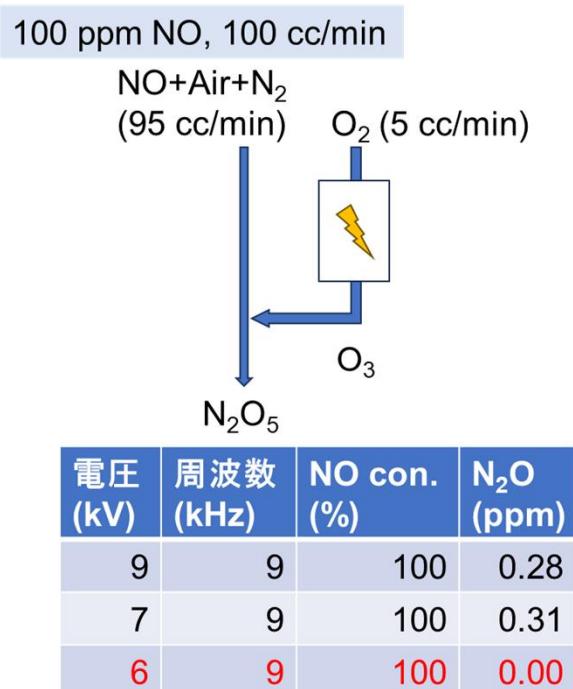
✓ 実用化スケールで結晶の組成分布(組成傾斜構造)が制御されていることを計測 11

## 成果4 低濃度N<sub>2</sub>Oの低成本濃縮分離システムの開発



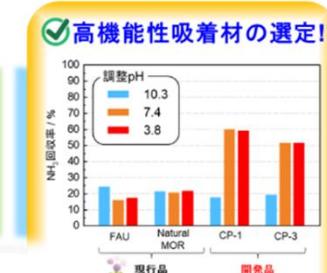
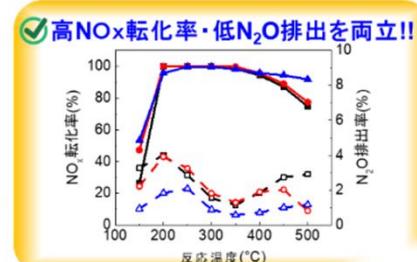
## 成果5 新直脱経路の提案(プラズマによる直接脱硝)

- 酸素共存下では、プラズマでできたO<sub>3</sub>(O<sub>2</sub>由来)と反応しNOxが転化
- 原料ガス組成の制御が必要
- プラズマにより空気からN<sub>2</sub>Oが生成

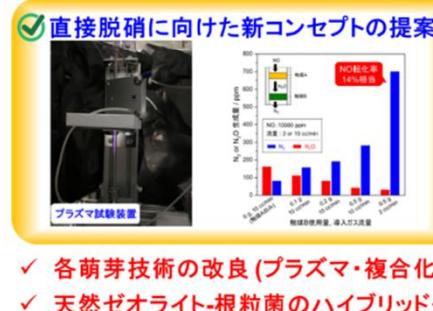


- ✓ 原料ガス組成の制御により、プラズマによるNOx分解(アンモニアフリー)は達成可能
- ✓ NOxと空気の混合ガスはゼオライトを用いたPSAでNOx/N<sub>2</sub>とO<sub>2</sub>に分離可能と期待

- ✓ 高い水蒸気耐性を示すゼオライト触媒の合成
- ✓ 天然ゼオライトによる希薄N<sub>2</sub>Oの濃縮
- ✓ ゼオライトの複合化によるNO<sub>x</sub>転化率の向上
- ✓ 大スケールでのゼオライト製造
- ✓ ゼオライト製造低コスト化
- ✓ 流通式ゼオライト合成の実現



- ✓ リサイクル特性の確認
- ✓ 粉殻-粉殻燃炭を用いた吸着材合成



- ✓ スケールアップ合成・条件最適化



- ✓ ユーザー評価

- ✓ 資源・エネルギー消費を考慮し、温室効果ガス・環境汚染物質の増加を勘案したLCA評価



2050年のカーボンニュートラルに向け、  
実証から事業化までを推進し、社会実装に繋がる技術の確立を目指します

